

# Challenge for implementation and upgrading of Bridge Management System

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-10-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/00059729">http://hdl.handle.net/2297/00059729</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



# 博士論文要旨

## 橋梁維持管理システムの実装と 高度化への試み

Challenge for implementation and upgrading of Bridge Management System

金沢大学大学院 自然科学研究科  
環境デザイン学専攻

学 籍 番 号：1424052005

氏 名：町口 敦志

主任指導教員名：近田 康夫

提 出 年 月：2020年1月



## ABSTRACT

In recent years, in Japan, the efficiency of maintenance and quality assurance have become social issues due to the aging and low birthrate of the bridge. The purpose of this study was to contribute to the solution of this problem, and implemented and advanced a Bridge management system (BMS). This study was conducted based on BMS operation examples and questionnaire results developed and operated by the authors. As a result of the study, the functions of the implemented BMS and the development / operation model (business model) were evaluated and the issues for the advancement of the BMS were clarified. In this study, two of those issues are further studied. The first study is an attempt to construct a mechanical judgment model for deterioration diagnosis using deep learning. As a result of the research, the highest accuracy rate (class average) was 98% (concrete deterioration factor judgment (2-4 classes): 98-59%, steel member soundness judgment (2-4 classes): 96.8-55.7%) This indicates the possibility of mechanical judgment by deep learning. The second study is an attempt to apply Japanese BMS based on data and calculation conditions in Vietnam for the purpose of internationalizing BMS. As a result of the study, the possibility and application method of Japanese-made BMS outside Japan were clarified, and future issues were organized.

(参考和訳)

近年、日本では、橋梁の老朽化や少子高齢化に起因して維持管理における効率化と品質確保が社会的な課題となっている。本研究は、この課題の解決に資することを目的とし、橋梁維持管理システムの実装と高度化への試みに関する研究である。研究では、著者らが開発・運用しているシステムの運用事例やアンケート結果を基に橋梁維持管理システムの評価を行った。研究の結果、実装したシステムの機能や開発・運用モデル(ビジネスモデル)の評価結果やシステムの高度化に向けた課題が明らかになった。本研究では、それらの課題のうち2つについて、さらに研究を行った。1つ目の研究は、ディープラーニングを用いた劣化診断の機械的判定モデルの構築に関する試みである。研究の結果、最高正解率(クラス平均)が98%(コンクリートの劣化要因判定(2~4クラス): 98~59%, 鋼部材の健全度判定(2~4クラス): 96.8~55.7%)となり、ディープラーニングによる機械的判定の可能性を示した。2つ目の研究は、橋梁維持管理システムの国際化を目指したベトナム国のデータ及び計算条件に基づく日本製維持管理システムの国外適用に関する試みである。研究の結果、日本製維持管理システムの国外適用の可能性や適用方法の事例を明らかにし、今後の課題を整理した。



# 論文要旨

## 1.序論(背景・目的)

今日、インフラの老朽化問題や少子高齢化による財源不足・技術者不足から効率的で効果的な維持管理が求められている。橋梁に関しては、国内外でこれまでのアセットマネジメント等の研究がなされ、自治体は、橋梁長寿命化修繕計画策定事業費補助制度要綱（2007年度、国土交通省創設）に基づき、橋梁維持管理システム等を活用して長寿命化修繕計画を策定している。今後は、維持管理システムの実装結果の評価と課題を踏まえて改良を行うPDCAサイクルによるシステムの高度化（機能・性能向上等）が求められている。

一方で、橋梁の維持管理をより効果的に行うには、橋梁数の割合が高い小規模橋梁（特に中小自治体の管理橋梁）に着目した対応が考えられる。しかし、中小自治体は、システムの開発費といった大規模な予算の確保は困難であるといった問題がある。また、既存の橋梁維持管理システムは大規模自治体が個別に業務委託等で開発した事例が多いため、一般市場に維持管理システムが少なく、システムの運用及び計画策定の実務を行っているシステム開発機関が少ないため、システムの運用後の評価に関する研究を行える機関は限られることとなる。そこで、本研究では、石川県内で産学官開発し、産官運用している橋梁維持管理システムの運用事例に基づき、機能や開発・運用モデル（ビジネスモデル）等について評価を行い、高度化に向けた課題を明らかにした。また、それらの課題のうち2つについて研究を行った。本研究の概要図を図-1に示す。

橋梁点検は、道路法改正（2014年度）により定期点検が義務化され、全国約70万橋の膨大な橋梁数の劣化診断に関する費用やそれを実施する技術者の確保が課題とされている。一方で、近年、AI（ディープラーニング等）に関する研究・開発が進み、一定の成果が示されているが、橋梁診断への既往研究は比較的少ない。そこで、ディープラーニングを用いてコンクリート部材の劣化要因及び鋼部材の健全度（腐食）の機械的判定を試み、適用の可能性を明らかにした。

また、近年、日本国は、発展途上国への支援と国際調和に資するためインフラ技術の国際化を進めている。一方で、維持管理事業については国内需要が比較的事業に関する各種リスクの問題から既往研究は比較的少ない。そこで、日本製の橋梁維持管理システムの国際化（国外適用）を目指し、著者らが行ったベトナム国での事業で収集した橋梁データや知見をもとに維持管理システムの国外適用を試み、適用の可能性及び今後の課題を明らかにした。

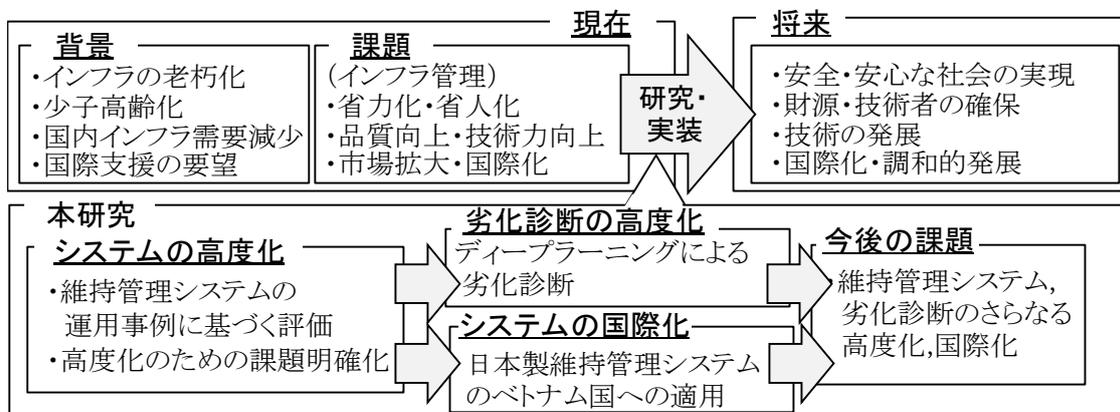


図-1 本研究の概要図

## 2.運用事例に基づく橋梁維持管理システムの評価・課題

### 2.1.研究の方法

研究の方法では、本研究で使用する橋梁維持管理システム(I-BIMS)の実装内容(開発要件・構成・機能)、システムの開発・運用モデル(ビジネスモデル)、評価方法について整理した。

システムの実装内容では、開発要件として橋梁維持管理の業務要件、システムの要求性能・入出力、システムの機能構成について整理した。橋梁維持管理システムの各機能のイメージを図-2に示す。システムの機能として、各機能の構成及び内容(データベース、健全度評価、劣化予測、LCC解析、予算平準化機能、システム環境)について示した。

システムの開発・運用モデルでは、システムのビジネス環境と収益構造等を整理した上で、各モデルを分類した。モデルの分類では、開発・運用モデルを橋梁維持管理システム(BMS)の導入有無、業務委託の有無、維持管理システムの開発有無、出資方法により分類した。

システムの評価方法では、2自治体(A市、B市)の長寿命化修繕計画策定の実績やデータに基づく計算方法、異なる維持管理システムによる計算・比較検証方法、維持管理システムの開発・運用モデルに関するアンケート調査結果の評価・分析方法(対象:石川県内市町)について示した。

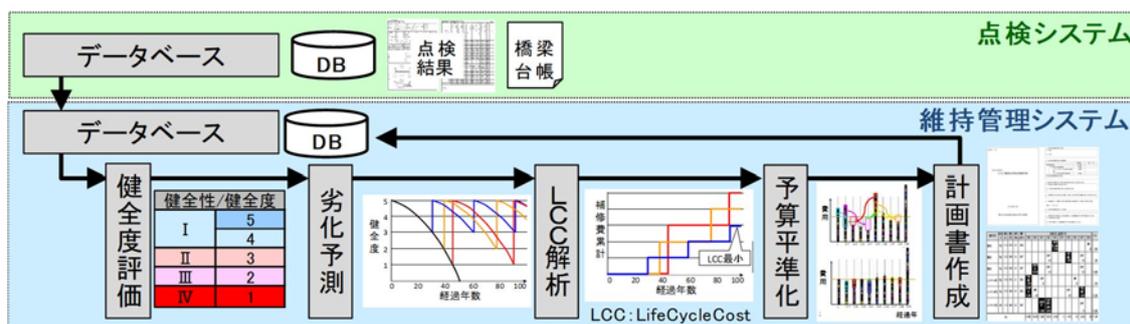


図-2 橋梁維持管理システムの各機能のイメージ

### 2.2.研究の成果

研究成果では、維持管理システムの機能と開発・運用モデルの評価及び課題について示した。

維持管理システムの機能の評価では、維持管理システムの仕様(機能等)、異なるデータや異なる維持管理システムを用いた場合のLCC算出結果の比較・検証、クラウド型維持管理システムの有効性の確認結果について示した。その結果、システムの実装において有効な仕様(機能等)、短期修繕計画の重要性、システムの機能の一部標準化の必要性(例:相対比較する場合)、クラウド型システムの有効性等を示した。

開発・運用モデルの評価では、実績調査・アンケート結果に基づいた各モデルの評価結果等について示した。実績調査の結果、著者らが提案した開発・運用モデル(提案モデル)は、19市町中12市町が参加し、モデルの有効性を確認した。また、アンケート調査の結果、回答者の100%が次回計画策定時に提案モデルの利用を検討するとの回答から、利用しやすいモデルであったと考えられた。提案モデルの評価が高かった理由は、共同出資開発として維持管理システムを廉価に提供できたこと及び業務委託を基本としたことでシステム開発費の支払いを実費分かつ分割支払いとできたこと等と考えられた。他にも、各開発・運用モデルの性能評価等を行った。

本研究成果に基づき今後研究を進めることで、より効率的・効果的な維持管理システムへの改良が実装並びに延いては維持管理の省力化につながると考える。

### 3. 橋梁劣化診断へのディープラーニングの適用に関する試み

#### 3.1. 研究の方法

研究の方法では、点検業務において実装を想定する機械的な劣化診断システムの位置づけを確認した上で、機械的判定の仕組み及び学習・判定方法等を示した。また、本研究におけるディープラーニングのネットワークの種類やモデル(図-3)の層構成・パラメータ、入出力データ(劣化判定方法、劣化写真、学習・判定データ分類方法等)を示した。コンクリート部材のクラスは代表的な劣化要因(ASR・塩害・中性化・凍害・乾燥収縮)を選定し、鋼部材のクラスは国交省点検要領(2014年)から腐食の損傷程度(a, b, c, d&e)を選定した。モデルの入力前には、精度向上等を目的に画像処理(入力画像サイズの整合:リサイズ, 入力画像の限定:マスキング, 特徴の明確化と学習画像の増加:小片画像切り出し)を行い、計算を行った。

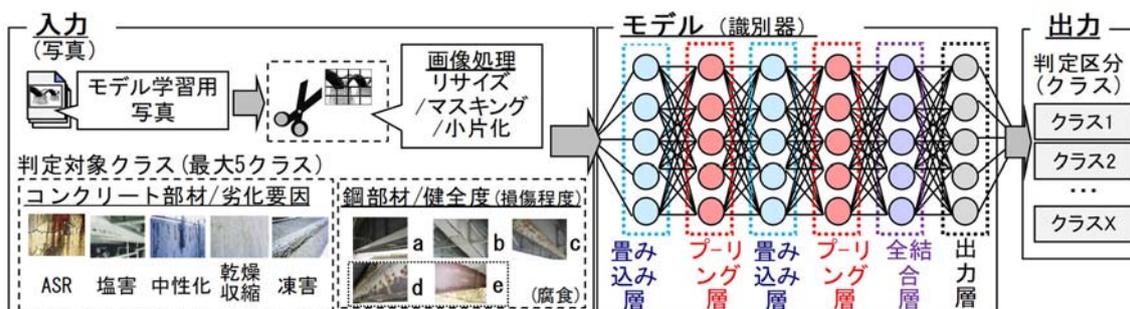


図-3 本研究におけるディープラーニングのモデル

#### 3.2. 研究の成果

ディープラーニングによる判定結果を図-4に示す。コンクリートの劣化要因及び鋼部材の健全度を判定した結果、複数の技術者による判定結果のばらつき度合いと想定する80%程度以上の正解率(2クラス)を得られたこと、今後ディープラーニングのパラメータ変更等で精度向上が期待できること、2クラスでの活用方法(損傷検知:損傷有無の自動判定等)が考えられることを考慮すると、ディープラーニングは、劣化診断のアルゴリズムの1つとなる可能性があると考えられた。その他、クラスのカテゴリ数や画像枚数、画像処理、学習回数等の正解率への影響度を示した。ただし、本研究では、入力する写真の画像処理方法やディープラーニングのパラメータ等を一般値や著者らの経験等によって設定しており、今後これらの検討が必要である。本研究成果に基づき今後研究を進め、劣化診断システムを開発・運用(実装)することで、延いては点検作業の省力化につながると考える。

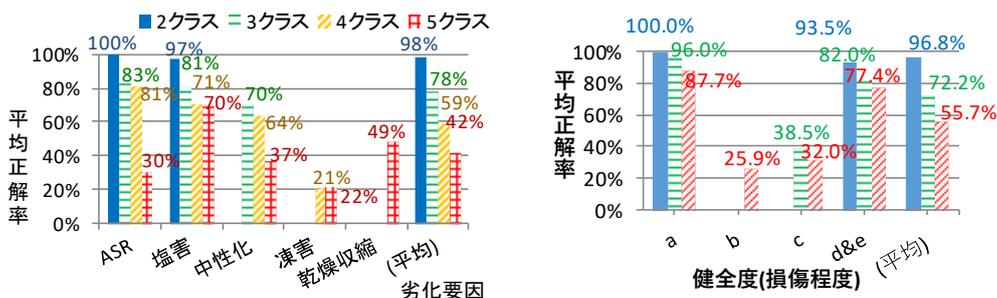


図-4 ディープラーニングによる判定結果(左: コンクリート部材, 右: 鋼部材)

## 4. 橋梁維持管理システムの国際化に関する試み(対象国:ベトナム国)

### 4.1. 研究の方法

研究の方法では、本研究で対象とした日本製橋梁維持管理システムの内容とシステムの国際化の方針、対象橋梁の選定、橋梁への適用方法・システムの計算条件を整理した。国際化の対象国は、著者らが行った事業(外務省案件化調査、図-5)においてデータ等を入手していることから、ベトナム国とした。対象橋梁の選定では、ベトナム国の国道橋全 4,728 橋から資料・写真を入手してきた橋梁 555 橋(道路メンテナンスユニット(RRMU2)管理区域付近)のうち、橋種割合や代表的な橋梁形式・劣化パターン等を考慮した 40 橋を選定した。



図-5 事業の概略図(ベトナム国において著者らが撮影)

### 4.2. 研究の成果

研究の成果では、日本製橋梁維持管理システムのベトナム国への適用の可能性やクラウド型維持管理システムの効果について示した。日本製のシステムをベトナム国に適用する場合、既存のデータベースシステム(VBMS)が存在したため、既存データの活用等の観点から日本製維持管理システムは、VBMS と分離した型式で適用することが望ましいと考えられた。また、ベトナム国の橋梁データを基にシステムを適用した結果(図-6)、一部データの加工や設定条件の追加調査は必要であるが、日本製維持管理システムをベトナム国に適用することは可能であると考えられた。また、ベトナム国国道橋のデータベースや既存写真の調査及び評価を行った結果、ベトナム国の橋梁・劣化・地域の特性や長寿命化修繕計画立案に必要な各種条件(路線の重要度等)やVBMS の仕様の一部を明らかにした。本研究成果に基づき日本製維持管理システムの国際化を進めることで、延いてはベトナム国へのシステム実装につながると考える。

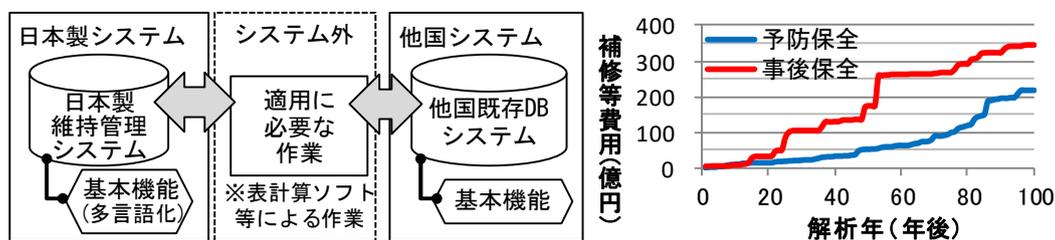


図-6 ベトナム国への日本製システム適用結果(左:適用方法(分離型), 右:LCC 計算結果の例)

## 5. 結論

結論では、研究成果をとりまとめ、今後の課題と展望について示した。

## 学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

橋梁維持管理システムの実装と高度化への試み

2. 論文提出者 (1) 所属 環境デザイン学 専攻

(2) 氏名 まちぐち あつし 町口 敦志

3. 審査結果の要旨（600～650字）

申請者の提出資料に基づき、1月28日に第1回論文審査委員査会で審査方針の確認、引き続き公聴会での質疑応答、その後の第2回審査委員会にて協議を行った。

申請論文は、喫緊の社会的課題である社会インフラの維持管理問題において橋梁の維持管理に焦点を当てている。多くの自治体で様々な橋梁マネジメントシステム(BMS)が導入・運用されている中で、一つのBMSの運用実績に基づいて、BMSの評価、問題点の抽出と対応策、将来的な課題を検討するとともに、自治体の利用形態まで含めて検討し、共同利用型のBMSが中小の自治体にとって運用面・費用面から有利であることを確認した。

また、人的リソース不足への対応が模索されている中で、一つの提案として、近年着目されつつある、ディープラーニングを援用したコンクリート損傷診断システムの開発に取り組み、実用化の可能性を探り、1次診断への適用は現時点でも可能であることを示した。さらに、技術の国外適用の可能性に関して、ベトナム国を例として国産BMSの海外での適用への留意点の確認と課題を抽出し、適用の可能性を示している。研究の一部の国際学会での発表やベトナムでの橋梁点検指導などでコミュニケーション能力も示している。

以上より、申請論文は、社会インフラ維持管理問題において、実務面で大きく貢献する内容を含むことから、博士(工学)に値するものと判断する。

4. 審査結果 (1) 判定 (いずれかに○印)  合格 ・  不合格

(2) 授与学位 博士(工学)